

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-80881

(43)公開日 平成11年(1999) 3月26日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

C 2 2 C 38/00

3 0 1

C 2 2 C 38/00

3 0 1 F

B 2 1 C 37/08

B 2 1 C 37/08

A

C 2 2 C 38/58

C 2 2 C 38/58

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 8 頁)

(21)出願番号

特願平9-240720

(22)出願日

平成9年(1997) 9月5日

(71)出願人

000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72)発明者

土井 正充

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72)発明者

遠藤 茂

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(74)代理人

弁理士 高野 茂

(54)【発明の名称】 溶接部靱性と耐硫化物腐食割れ性に優れた高クロム溶接

鋼管

(57)【要約】

【課題】 溶接部靱性ととも、耐食性と耐応力腐食割れ性に優れた高クロム溶接鋼管を提供する。

【解決手段】 溶接金属が、C:0.03%以下、Si:1.0%以下、Mn:5.0%以下、P:0.03%以下、S:0.008%以下、N:400ppm以下、Cr:10~20%、Ni:3.5~12%、酸素:500ppm以下で

あり、式(1)のPの値が15~25、Qの値が-5.8以上であり、母材が、C:0.03%以下、Si:1.0%以下、Mn:5.0%以下、P:0.03%以下、S:0.008%以下、N:300ppm以下、Cr:10~14%、Ni:0.5~6.0%であり、Mの値が14.0以下である溶接部靱性と耐硫化物腐食割れ性に優れた高クロム溶接鋼管。

$$P=\%Ni+30x\%C+0.5x\%Mn+0.8x(\%Cr+\%Mo+1.5x\%Si+0.5x\%Nb) \quad (1)$$

$$Q=\%Ni+30x\%C+0.5x\%Mn-0.72x(\%Cr+\%Mo+1.5x\%Si+0.5x\%Nb) \quad (2)$$

$$M=\%Cr+1.3x\%Mo-\%Ni \quad (3)$$

【特許請求の範囲】

【請求項1】 シーム溶接部の溶接金属の化学成分が、重量％で、C:0.03%以下、Si:1.0%以下、Mn:5.0%以下、P:0.03%以下、S:0.008%以下、N:400ppm以下、Cr:10~20%、Ni:3.5~12%、酸素:500ppm以下を含有するとともに、下記の式(1)で表されるPの値が15~25、式(2)で表

$$P = \%Ni + 30x\%C + 0.5x\%Mn + 0.8x(\%Cr + \%Mo + 1.5x\%Si + 0.5x\%Nb) \quad (1)$$

$$Q = \%Ni + 30x\%C + 0.5x\%Mn - 0.72x(\%Cr + \%Mo + 1.5x\%Si + 0.5x\%Nb) \quad (2)$$

$$M = \%Cr + 1.3x\%Mo - \%Ni \quad (3)$$

【請求項2】 シーム部の溶接金属の化学成分が、請求項1記載の化学成分に加えて、重量％で、Mo:4.0%以下、Cu:2.0%以下、Co:1.0%以下、W:1.0%以下、Nb:0.10%以下、V:0.10%以下、Ti:0.10%以下、Zr:0.10%以下、B:50ppm以下、Ca:50ppm以下のうち1種以上を含有し、母材の化学成分が、請求項1記載の化学成分に加えて、重量％で、Mo:4.0%以下、Cu:2.0%以下、Co:1.0%以下、W:1.0%以下、Nb:0.10%以下、V:0.10%以下、Ti:0.10%以下、Zr:0.10%以下、B:50ppm以下、Ca:50ppm以下のうち1種以上を含有するとともに、請求項1記載のP、Q、およびMの値が、それぞれ請求項1記載の範囲内である溶接部靱性と耐硫化物腐食割れ性に優れた高クロム溶接鋼管。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、溶接部靱性と耐硫化物腐食割れ性に優れた高クロム溶接鋼管に関する。

【0002】

【従来の技術】炭酸ガスや硫化水素を含んだガスあるいは石油の輸送用に用いられるパイプラインにおいては、硫化物による応力腐食割れへの対策が必要である。そこで、通常の炭素鋼管を使用する場合は腐食抑制剤（インヒビター）を併用し、あるいは、耐腐食性の高い2相ステンレス鋼管やクラッド鋼管が用いられている。しかし、腐食抑制剤の使用は価格面ばかりか環境汚染の問題がある。また、2相ステンレス鋼管やクラッド鋼管は材料費が高いという問題がある。

【0003】このような背景のもとに、比較的安価な材料として、AISI(米国鉄鋼協会)410鋼などがある。しかし、この鋼は溶接性等に難点があり、また、硫化水素環境における応力腐食割れの問題も残っている。

【0004】そこで、溶接性を備え、しかも硫化水素環境における耐応力腐食割れ性にも優れた材料やその製造方法が、いくつか提案されている。例えば、特開昭55-21566号公報には、Mnを1.0~3.5%、Crを10~13.5%含む鋼（マルテンサイト系ステンレス鋼、以下同じ）が提案されている。同様に、特開平4-99128号公報にはCuを1.2~4.5%、Crを11~14%含む鋼、特開平4-268019号公報にはCoを1.1~4.0%、Crを11~14%含む鋼が提案されている。

【0005】また、特開平5-156408号公報にはCrを13~17%に高めた鋼が提案され、特開平6-264192号公報にもCrを13~17%に高めた鋼が提案されている。一方、特開平

されるQの値が-5.8以上であり、母材の化学成分が、重量％で、C:0.03%以下、Si:1.0%以下、Mn:5.0%以下、P:0.03%以下、S:0.008%以下、N:300ppm以下、Cr:10~14%、Ni:0.5~6.0%を含有するとともに、下記の式(3)で表されるMの値が14.0以下である溶接部靱性と耐硫化物腐食割れ性に優れた高クロム溶接鋼管。

6-306549号公報にはCrを10~13%と低くした鋼が提案されている。さらに、特開平8-3642号公報には、Cu、Niを4.0%以下、Coを2.0%以下、Mo、Wを3.0%以下とするとともに、これらの元素の含有量にある関係式により規定した電縫鋼管の製造方法が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前述の従来技術は、マルテンサイト系ステンレス鋼管の溶接性、溶接部靱性および耐硫化物腐食割れ性の向上を図る技術であるが、その対象は母材部に限られており、溶接金属については考慮されていない。また、溶接部靱性についても、母材の化学成分の影響のみが検討されている。

【0007】例えば、特開昭55-21566号公報記載の技術は、主として鋼板に関する技術であり、溶接鋼管のシーム溶接部については特に記載されていない。特開平4-99128号公報および特開平4-268019号公報記載の技術は、ラインパイプに関する技術であるが、溶接部靱性については溶接熱影響部の靱性のみが記載されており、溶接金属の靱性については検討されていない。またこれらの技術では、Cu、Coを添加する必要がある。これらの元素は、溶接性と溶接部靱性が低いという問題がある。

【0008】特開平5-156408号公報記載の技術では、溶接性として割れ発生の有無のみが記載されている。また、溶接鋼管の製造については記載されていない。特開平6-264192号公報の技術では、溶接熱影響部の靱性が記載されているが、溶接鋼管の製造については記載されていない。特開平6-306549号公報記載の技術は、厚肉の鋼板に関する技術であり、溶接鋼管の製造についてはやはり記載されていない。

【0009】特開平8-3642号公報記載の技術は、電縫鋼管の製造方法であり、材料が熱延板（薄板）である。従って、板厚および材質の点で制限があり、厚鋼板における厚物や制御圧延材（材質）と同等の製品を得ることはできない。

【0010】このように従来技術においては、シーム溶接部を有する高クロム溶接鋼管の製造方法については、検討されておらず、継目無鋼管と同じ化学成分で製造可能とされている。従って、シーム溶接部、特に溶接金属の化学成分や材質については、ほとんど解明されていなかった。

【0011】この発明は、これらの従来技術の問題点を

解決し、シーム溶接部の溶接部靱性に優れ、かつ炭酸ガス環境および硫化水素環境における耐食性と耐応力腐食割れ性に優れた高クロム溶接鋼管を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、シーム溶接部の溶接金属の化学成分が、重量%で、C:0.03%以下、Si:1.0%以下、Mn:5.0%以下、P:0.03%以下、S:0.008%以下、N:400ppm以下、Cr:10~20%、Ni:3.5~12%、酸

$$P=\%Ni+30\%C+0.5\%Mn+0.8\%(\%Cr+\%Mo+1.5\%Si+0.5\%Nb) \quad (1)$$

$$Q=\%Ni+30\%C+0.5\%Mn-0.72\%(\%Cr+\%Mo+1.5\%Si+0.5\%Nb) \quad (2)$$

$$M=\%Cr+1.3\%Mo-\%Ni \quad (3)$$

【0013】この発明は、高クロム溶接鋼管の母材のみならず、シーム溶接部に着目して、溶接部靱性と耐硫化物腐食割れ性について鋭意検討することにより成された。その過程で、母材と溶接金属の化学成分を変化させて、靱性、炭酸ガス環境下での耐食性、硫化水素環境下での耐硫化物応力腐食割れ性、溶接性を調査した。その結果、発明の化学成分とすることにより、溶接部靱性と耐硫化物腐食割れ性に優れた高クロム溶接鋼管を得ることができた。以下、化学成分の限定理由について説明する。

【0014】C:母材のCが0.03%を超えると、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接熱影響部靱性、ならびに溶接性が劣化する。溶接金属のCが0.03%を超えると、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、ならびに靱性の劣化をまねく。従って、母材、溶接金属ともにC量を0.03%以下に規定する。

【0015】Si:母材、溶接金属ともに1.0%を超えてSiを添加すると、溶接性が劣化する。従って、母材、溶接金属ともにSi量を1.0%以下に規定する。

【0016】Mn:母材、溶接金属ともに5.0%を超えてMnを添加すると、溶接金属、溶接熱影響部の靱性と耐硫化物応力腐食割れ性が劣化する。従って、母材、溶接金属ともにMn量を5.0%以下に規定する。

【0017】P:母材、溶接金属ともにPが0.03%を超えると、溶接熱影響部の靱性と耐硫化物応力腐食割れ性、溶接性の劣化をまねく。従って、母材、溶接金属ともにP量を0.03%以下に規定する。

【0018】S:母材、溶接金属ともにSが0.008%を超えると、耐食性、溶接性と耐硫化物応力腐食割れ性が劣化する。従って、母材、溶接金属ともにS量を0.008%以下に規定する。

【0019】Cr:母材の良好な耐食性を得るためには、10%以上のCrの添加が必要である。しかし、14%を超えて添加すると、溶接熱影響部の靱性と溶接性が劣化する。従って、母材のCr量は10~14%の範囲に規定する。溶接金属の良好な耐食性を得るためには、10%以上のCrの添加が必要であり、母材よりも添加量を多くすることが好ましい。しかし、20%を超えての添加は、溶接部靱性と

素:500ppm以下を含有するとともに、下記の式(1)で表されるPの値が15~25、式(2)で表されるQの値が-5.8以上であり、母材の化学成分が、重量%で、C:0.03%以下、Si:1.0%以下、Mn:5.0%以下、P:0.03%以下、S:0.008%以下、N:300ppm以下、Cr:10~14%、Ni:0.5~6.0%を含有するとともに、下記の式(3)で表されるMの値が14.0以下である溶接部靱性と耐硫化物腐食割れ性に優れた高クロム溶接鋼管である。

溶接性の劣化をまねく。従って、溶接金属のCr量は10~20%の範囲に規定する。

【0020】N:母材のNが300ppmを超えると、溶接熱影響部の靱性と、耐硫化物応力腐食割れ性が劣化する。従って、母材のN量を300ppm以下に規定する。溶接金属のNが400ppmを超えると、靱性と耐硫化物応力腐食割れ性が劣化する。従って、溶接金属のN量を400ppm以下に規定する。

【0021】Ni:母材では、良好な溶接熱影響部の靱性を得るために0.5%以上のNiを添加することが必要である。しかし、6.0%を超えて添加すると、溶接熱影響部の靱性と溶接性が劣化する。従って、母材のNi量を0.5~6.0%の範囲に規定する。溶接金属では、良好な靱性と耐硫化物応力腐食割れ性を得るために3.5%以上のNiを添加する必要がある。しかし、12%を超えて添加すると、溶接性が劣化する。従って、溶接金属のNi量を3.5~12%の範囲に規定する。

【0022】P値:溶接金属について、式(1)で表されるPの値(P値)が15未満であると、組織にマルテンサイトが多く含まれるようになり、溶接金属の靱性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接性が劣化する。P値が25を超えると、組織にオーステナイトが多く含まれるようになり、溶接金属の強度が低下する。従って、溶接金属のP値を15~25の範囲に規定する。

【0023】Q値:溶接金属について、式(2)で表されるQの値(Q値)が-5.8未満であると、組織にδフェライトが多く含まれるようになり、溶接金属の靱性、耐硫化物応力腐食割れ性が劣化する。従って、溶接金属のQ値を-5.8以上(正の方向)に規定する。

【0024】M値:母材について、式(3)で表されるMの値(M値)が14.0を超えると、溶接熱影響部の耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接熱影響部の靱性が劣化する。従って、母材の良好な耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性を得るため、M値を14.0以下に規定する。

【0025】酸素:溶接金属中の酸素が500ppmを超えると、溶接金属の靱性が劣化する。従って、溶接金属中の酸素量を500ppm以下に規定する。

【0026】なお、残部はFeと不純物であるが、以上に

述べた以外の元素であれば、発明の目的を損なわない限り不純物として含まれていてもよい。不純物には、スクラップから混入するもの、製鋼作業で混入するもの等があるが、通常作業で混入する限り不純物として含まれていても差し支えない。

【0027】第2の発明は、シーム部の溶接金属の化学成分が、第1の発明の化学成分に加えて、重量%で、Mo:4.0%以下、Cu:2.0%以下、Co:1.0%以下、W:1.0%以下、Nb:0.10%以下、V:0.10%以下、Ti:0.10%以下、Zr:0.10%以下、B:50ppm以下、Ca:50ppm以下のうち1種以上を含有し、母材の化学成分が、請求項1記載の化学成分に加えて、重量%で、Mo:4.0%以下、Cu:2.0%以下、Co:1.0%以下、W:1.0%以下、Nb:0.10%以下、V:0.10%以下、Ti:0.10%以下、Zr:0.10%以下、B:50ppm以下、Ca:50ppm以下のうち1種以上を含有するとともに、請求項1記載のP、Q、およびMの値が、それぞれ第1の発明の範囲内である溶接部靱性と耐硫化物腐食割れ性に優れた高クロム溶接鋼管である。

【0028】この発明は、第1の発明の化学成分にさらに次の化学成分を加えて強度、靱性の向上を図るものである。以下、化学成分の限定理由について説明する。

【0029】Mo, Cu, Co, W: 母材、溶接金属ともに目標の強度に応じて、これらの元素を添加してもよい。しかし、Moは4.0%、Cuは2.0%、Coは1.0%、Wは1.0%をそれぞれ超えて添加すると、溶接金属あるいは溶接熱影響部の靱性および溶接性が劣化する。従って、母材、溶接金属ともに、これらの元素の添加量を、Moは4.0%以下、Cuは2.0%以下、Coは1.0%以下、Wは1.0%以下にそれぞれ規定する。

【0030】Nb, V, Ti, Zr: 母材、溶接金属ともにこれらの元素の微量添加により、溶接金属あるいは溶接熱影響部の靱性と耐硫化物応力腐食割れ性が向上する。しかし、いずれも0.10%を超えて添加すると、かえって溶接熱影響部の靱性が低下し、耐硫化物応力腐食割れ性が劣

化する。従って、母材、溶接金属ともに、Nb, V, Ti, Zrの添加量をそれぞれ0.10%以下に規定する。

【0031】Ca: 母材、溶接金属ともにCaは硫化物の形態を制御し、耐硫化物応力腐食割れ性を向上させる。しかし、50ppmを超えて添加すると、かえって耐硫化物応力腐食割れ性、溶接性の劣化をまねく。従って、母材、溶接金属ともに、Ca量を50ppm以下に規定する。

【0032】B: 母材、溶接金属ともにBは靱性を向上させる。しかし、50ppmを超えて添加すると、かえって溶接金属あるいは溶接熱影響部の靱性の低下、ならびに溶接性の劣化をまねく。従って、母材、溶接金属ともにB量を50ppm以下に規定する。

【0033】

【発明の実施の形態】この発明の鋼の溶製は、転炉、電気炉、その他、化学成分を発明の範囲内に制御できる製造方法であれば、いずれの方法を用いてもよい。溶製された鋼は、ラインパイプ用鋼として用いるため、スラブ等の形状に casting する。その後、熱間圧延により鋼板を製造すれば、ラインパイプ用の鋼板が得られる。熱間圧延は、厚板ミルで製造すればよいが、幅狭でもよい場合（小径パイプ用）はホットストリップミルで製造してもよい。

【0034】鋼管のシーム溶接方法は、サブマージ溶接が高効率、高作業性の点で好ましいが、その他の溶接方法であっても、溶接金属の化学成分が発明の範囲を満たせば、良好な溶接金属の靱性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接性を得ることができる。

【0035】

【実施例】種々の化学成分の鋼を溶製し、熱間圧延により鋼板を製造した。鋼板（母材）の化学成分を、表1にM値とともに示す。表1の鋼A～Jは発明鋼、鋼K～Sは比較鋼をそれぞれ示す。

【0036】

【表1】

例	化学成分 (重量%; N, B, Caはppm)																		U値	備考
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Cu	Co	Mo	W	Nb	V	Ti	Zr	B	Ca		
A	0.012	0.32	0.25	0.029	0.005	1.0	13.8	80										12	12.8	発明鋼
B	0.004	0.68	3.34	0.008	0.008	1.5	12.9	150											11.4	発明鋼
C	0.013	0.95	1.52	0.015	0.001	1.9	12.7	100					0.09					25	10.8	発明鋼
D	0.022	0.31	0.33	0.011	0.001	0.6	13.7	120	1.9					0.04	0.09				13.1	発明鋼
E	0.021	0.21	1.78	0.005	0.001	3.2	11.7	80				0.4			0.01		16		8.5	発明鋼
F	0.009	0.16	4.85	0.027	0.003	5.8	13.9	65		0.9									8.1	発明鋼
G	0.024	0.58	0.78	0.013	0.002	3.2	13.7	185			2.5				0.05	0.01		32	13.8	発明鋼
H	0.029	0.84	0.55	0.022	0.005	5.2	12.0	90				0.9			0.02		25		6.8	発明鋼
I	0.018	0.71	2.23	0.004	0.001	4.5	10.2	130			3.8		0.02	0.09			48	45	10.6	発明鋼
J	0.010	0.35	0.11	0.019	0.003	5.1	12.4	75	0.9		2.5				0.02			22	10.6	発明鋼
K	0.035	0.34	0.25	0.015	0.002	6.3	12.8	80				1.2							6.5	比較鋼
L	0.016	0.52	5.21	0.011	0.003	3.2	9.8	120		1.1	1.2								8.2	比較鋼
M	0.014	0.26	4.35	0.008	0.004	3.8	10.5	65	2.2				0.12			0.11		19	6.7	比較鋼
N	0.019	0.85	1.25	0.023	0.009	5.8	14.2	45			4.2			0.03	0.01		13	8	13.9	比較鋼
O	0.013	0.31	0.35	0.032	0.003	3.5	12.0	100	1.2					0.11		0.04			8.5	比較鋼
P	0.011	1.08	0.59	0.014	0.002	4.8	11.3	220		0.5		0.5			0.01				6.5	比較鋼
Q	0.010	0.27	2.95	0.009	0.004	2.3	13.9	125			2.4				0.11				14.7	比較鋼
R	0.016	0.12	1.17	0.007	0.003	0.2	13.6	105	0.3		0.8							55	14.3	比較鋼
S	0.022	0.78	0.11	0.018	0.001	2.3	12.7	90			3.5				0.05		54	16	15.0	比較鋼

【0037】次いで、これらの鋼板を鋼管に成形し、シーム溶接を行い溶接鋼管を製造した。鋼管のシーム溶接部の溶接金属の化学成分を、表2にP値およびQ値とともに

に示す。

【0038】

【表2】

例	鋼管	シーム溶接金属の化学成分 (重量%; N, B, Ca, Oはppm)																			P値	Q値	備考
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Mo	Cu	Co	W	Nb	V	Ti	Zr	B	Ca	O			
A1	A	0.012	0.23	4.57	0.03	0.01	9.8	10.5	135										10	265	21.1	4.6	発明鋼管
A2	A	0.033	0.75	1.35	0.02	0	3.2	14.5	220		0.5		1.1				0.04	10	13	350	17.4	-6.4	比較鋼管
B1	B	0.005	0.61	2.51	0.01	0	5.2	13.8	390											315	18.4	-4.0	発明鋼管
B2	B	0.016	0.72	5.27	0.01	0	4.6	9.8	235			1.2								250	16.4	-0.1	比較鋼管
C1	C	0.013	0.97	1.38	0.02	0	7.5	13.5	75				0.9							485	20.5	-2.2	発明鋼管
C2	C	0.013	0.54	0.75	0.01	0	12.3	10.5	265	2.4	2.2		0.4			0.12			13	520	24.0	3.2	比較鋼管
D1	D	0.008	0.14	3.81	0.01	0	8.2	10.8	230	0.5										210	19.6	2.1	発明鋼管
D2	D	0.019	0.89	3.85	0.02	0.01	10.5	20.5	335	0.8							0.11			390	31.1	-3.3	比較鋼管
E1	E	0.021	0.38	2.53	0.02	0	4.5	12.3	110	3.8						0.09				290	19.7	-5.6	発明鋼管
E2	E	0.014	0.34	2.42	0.03	0	7.8	14.3	210	4.2					0.11				28	240	24.6	-4.3	比較鋼管
F1	F	0.009	0.67	3.08	0.03	0	3.8	11.0	180					0.08	0.02	0.01				410	15.2	-3.1	発明鋼管
F2	F	0.011	1.08	2.05	0.01	0	7.2	17.3	420	2.5									17	310	25.7	-6.9	比較鋼管
G1	G	0.024	0.74	1.78	0.01	0.01	11.3	11.2	255	2.7	1.8		0.3					43	20	190	24.9	2.1	発明鋼管
G2	G	0.010	0.27	1.45	0.02	0	3.8	15	150			0.4		0.13				54		270	17.4	-6.5	比較鋼管
H1	H	0.029	0.11	2.56	0.02	0.01	7.2	19.2	285			0.9								245	24.8	-4.6	発明鋼管
H2	H	0.016	0.35	3.25	0.01	0	7.5	19	385	2.0						0.02			58	290	27.0	-6.0	比較鋼管
I1	I	0.018	0.73	1.53	0	0.01	7.5	13.0	320	2.5							0.08		45	150	22.1	-3.1	発明鋼管
I2	I	0.014	0.54	0.88	0.014	0	8.9	15.3	240						0.08	0.03		15		275	22.6	-1.8	発明鋼管
I3	I	0.022	0.68	0.35	0.012	0.001	7.5	17	295	3.0				0.03		0.01				190	25.3	-7.0	比較鋼管
K1	K	0.025	0.34	0.12	0.02	0	10.5	12.8	220				0.9							310	22.0	1.7	比較鋼管
L1	L	0.016	0.52	4.82	0.01	0	7.0	12.3	325		0.8	0.8								220	20.4	0.5	比較鋼管
M1	M	0.014	0.26	4.35	0.01	0	5.8	16.5	260	0.8				0.08			0.11		19	390	22.6	-4.4	比較鋼管
N1	N	0.019	0.85	1.25	0.02	0	7.8	16.3	145						0.03	0.01		13	8	160	23.1	-3.7	比較鋼管
O1	O	0.013	0.31	0.35	0.02	0	4.8	13.5	200	1.2					0.07		0.04			150	17.5	-5.6	比較鋼管
P1	P	0.011	0.74	0.59	0.01	0	10.8	11.3	350		0.5		0.5			0.01				100	21.4	2.5	比較鋼管
Q1	Q	0.010	0.27	1.02	0.01	0	2.1	14	120			0.9				0.08				290	14.0	-7.1	比較鋼管
R1	R	0.02	0.12	1.17	0.01	0	13.2	14	310	0.3									25	330	25.4	4.2	比較鋼管
S1	S	0.02	0.78	0.11	0.018	0.001	4.2	17	190							0.05		35	16	280	19.1	-7.8	比較鋼管

【0039】表2の鋼管A1~H1（末尾1）およびI1, I2は発明鋼管で、化学成分は母材・溶接金属とも発明範囲である。鋼管A2~H2（末尾2）およびI3は比較鋼管で、母材は発明範囲内であるが溶接金属が発明範囲を外れている。また、K1~P1は比較鋼管で、溶接金属は発明範囲内に調製したが、母材は前述の表1のように発明範囲外（比較鋼）である。さらに、Q1~S1も比較鋼管で、母

材、溶接金属とも発明範囲外である。

【0040】これらの鋼管について、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接性、溶接熱影響部の靱性を調べた。耐食性の調査は、炭酸ガス飽和の人工海水中での腐食試験により行った。耐硫化物応力腐食割れ性の調査は、炭酸ガスと硫化水素の混合ガスを飽和させた人工海水中での応力腐食割れ試験により行った。

【0041】溶接性の試験は、シーム溶接を行い、溶接欠陥、溶接割れの有無で評価した。溶接部熱影響部の靱性については、溶接部熱影響部からVノッチシャルピー試験片を切り出して衝撃試験を行った。溶接金属の靱性についても同様の試験を行った。溶接部強度は、溶接継手引張試験を行い、破断位置（母材、溶接金属）により評価した。

【0042】これらの試験結果を、化学成分とともに表3に示す。ここで、母材と溶接金属の化学成分（およびM値、P値、Q値）については、発明の範囲外の元素のみ×印で示してある。試験結果については、良好なもの、即ち目標特性を達成したものを、○印で示してある。溶接性は、鋼管のシーム溶接を行った場合に、溶接欠陥、

溶接割れが起こらなかったものを良好（○印）とした。溶接熱影響部の靱性（表では、HAZ靱性）および溶接金属の靱性は、-20℃での吸収エネルギーが50J以上のものをそれぞれ良好（○印）とした。

【0043】耐食性は、腐食速度が0.1mm/year以下、耐硫化物応力腐食割れ性（表では、耐SSC性）は、720時間の浸漬試験で割れが生じなかったものをそれぞれ良好（○印）とした。溶接部強度は、溶接継手引張試験の破断位置が母材のものを良好（○印）、溶接金属のものを不良（×印）とした。

【0044】

【表3】

鋼管	母材の化学成分 (発明範囲外のみ X で表示)																			溶接金属の化学成分 (発明範囲外のみ X で表示)																			溶接性	HAZ 韌性	耐食性	耐SSC 性	溶接金属 屈強性	溶接部 強度	備考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Cu	Co	Mo	W	Nb	V	Ti	Zr	B	Ca	O	P	Q	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Cu	Co	W	Nb	V	Ti	Zr	B	Ca								O	P	Q																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値								値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値	値

【0045】表3のように、母材、溶接金属とも発明範囲を満たす発明鋼管A1～H1（末尾1）およびI1、I2は、十分な耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接性、溶接熱影響部の韌性、溶接部強度を示している。

【0046】母材は発明範囲内であるが溶接金属が発明

範囲を外れている比較鋼管A2～H2（末尾2）およびI3は、いずれも目標特性に到達していない。溶接金属のC、W量が高くNi量が低く、Q値が低い鋼管A2は、溶接性、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接金属の韌性が十分でない。溶接金属のMn、Co量が高くCr量が低い

鋼管B2は、溶接性、溶接熱影響部の靱性、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接金属の靱性が十分でない。

【0047】溶接金属のNi、Cu、Ti、酸素量が高い鋼管C2は、溶接性、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接金属の靱性が十分でない。溶接金属のS、Cr、Zr量が高く、P値が低い鋼管D2は、溶接性、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接金属の靱性、溶接部強度が十分でない。溶接金属のP、Mo、V量が高い鋼管E2は、溶接性、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接金属の靱性が十分でない。

【0048】溶接金属のSi、N、P値が高い鋼管F2は、溶接性、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接金属の靱性および強度が十分でない。溶接金属のNb、B量が高く、Q値が低い鋼管G2は、溶接性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接金属の靱性が十分でない。溶接金属のCa量が高く、P値が高くQ値が低い鋼管H2は、溶接性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接金属の靱性および強度が十分でない。溶接金属のP値が高くQ値が低い鋼管I3は、溶接性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接金属の靱性および強度が十分でない。

【0049】また、溶接金属は発明範囲内であっても、母材が発明範囲外である比較鋼管K1～S1についても、いずれも目標特性に到達していない。母材のC、Ni、W量が高い鋼管K1、母材のMn、Co量が高くCr量が低い鋼管L1は、溶接性、溶接熱影響部の靱性、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性が十分でない。母材のCu、Nb、Zr量が高い

鋼管M1は、溶接性、溶接熱影響部の靱性、耐硫化物応力腐食割れ性が十分でない。母材のS、Cr、Mo量が高い鋼管N1は、溶接性、溶接熱影響部の靱性、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性が十分でない。母材のP、V量が高い鋼管O1、母材のSi、N量が高い鋼管P1は、溶接性、溶接熱影響部の靱性、耐硫化物応力腐食割れ性が十分でない。

【0050】母材、溶接金属とも発明範囲外である鋼管Q1～S1についても、いずれも目標特性に到達していない。母材のTi量、M値が高く、溶接金属のNi量が低くてQ値が低い鋼管Q1、および母材のCa量、M値が高く、溶接金属のNi量が高く、M値が高くてQ値が低い鋼管R1は、溶接性、溶接熱影響部の靱性、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接金属の靱性、および溶接強度が十分でない。母材のB量、M値が高く、溶接金属のQ値が低い鋼管S1は、溶接性、溶接熱影響部の靱性、耐食性、耐硫化物応力腐食割れ性、溶接金属の靱性が十分でない。

【0051】

【発明の効果】この発明では、母材ならびにシーム溶接部の化学成分およびこれらの成分元素の間の関係を規定することにより、母材の材料特性とともに溶接金属の材料特性を向上させることができる。その結果、母材ならびにシーム溶接部の靱性に優れ、炭酸ガス環境下での耐食性と硫化水素環境下での耐硫化物応力腐食割れ性にも優れた高Crラインパイプ用鋼管を安価に提供することができる。